

TIPOS DE TEMPO E FEIÇÕES DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA BACIA DO RIO CORUMBATAÍ – SP, BRASIL

Antonio Carlos Tavares
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Departamento de Geografia
Universidade Estadual Paulista
Campus de Rio Claro
atavares@rc.unesp.br
Anderson Luís Hebling Christofolletti
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Departamento de Geografia
Universidade Estadual Paulista
Campus de Rio Claro
alhc@rc.unesp.br
Marcos Paulo Carvalho Santana
Bolsista BAAE
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Universidade Estadual Paulista
Campus de Rio Claro
marcos-geo2004@yahoo.com.br

Resumo

Este artigo mostra que a circulação atmosférica, nos meses de verão, propicia a ocorrência de tipos de tempo com chuvas torrenciais nas latitudes tropicais do território brasileiro. No rio Corumbataí – SP estes tipos de tempo, associados às características topográficas da bacia, à devastação da vegetação natural e ao uso do solo encontram condições favoráveis à ocorrência de enchentes, cujos danos poderão ser amenizados com medidas corretivas e preventivas visando o aumento da infiltração.

Palavras-chave: Clima. escoamento Superficial. Enchentes

Abstract

This article shows that the atmospheric circulation in the summer months causes the torrential rains in tropical latitudes of the Brazilian territory. In the river Corumbataí - SP these weathers, the topographical characteristics of the basin, the deforestation and the land use generated favorable conditions to flood occurrence, whose damages could be diminished with corrective and preventive measures aiming the increase of infiltration.

Keywords: Climate. Surface Runoff.Flood

Introdução

A bacia do rio Corumbataí, afluenta da margem direita do Piracicaba, que, por sua vez, deságua no Tietê, está localizada no estado de São Paulo, entre, aproximadamente, 22° 05' e 22° 41' de latitude sul e 47° 27' e 47° 55' de longitude oeste (figura 1). Sua área, com 1710 km², segundo Koffler (1994:169), assume a forma de amplo anfiteatro instalado no contato de duas importantes províncias

geomorfológicas paulistas: a Depressão Periférica e as *Cuestas* Basálticas. As *cuestas* constituem um relevo assimétrico, com uma vertente íngreme de um lado, o front, e, de outro, um planalto suavemente inclinado. Aos pés do front estende-se a depressão, onde predominam divisores aplainados, amplos vales com fundos chatos e vertentes levemente convexas. O rio Corumbataí nasce no cimo das *cuestas*, acima de 800 metros de altitude, no local denominado Serra de Santana. Tomando a orientação sudoeste – nordeste e depois oeste – leste, ele rumo em direção à cidade de Analândia. Neste percurso recebe, pela margem esquerda, uma série de afluentes oriundos da Serra do Cuscuzeiro, cujas cabeceiras estão situadas entre 1025 e 1050 metros. Estes rios, com declividades acentuadas e inúmeras quedas, deságuam no Corumbataí numa altitude próxima de 650 metros. A partir de Analândia e depois de percorrer cerca de 110 km, com orientação norte-sul, o rio Corumbataí tem sua foz no rio Piracicaba, à jusante da cidade de mesmo nome, no distrito de Santa Terezinha, a cerca de 460 metros. A localização da bacia, no contato de províncias geomorfológicas distintas, originou feições paisagísticas diversificadas, que têm papel importante na configuração do escoamento pluvial.

Compartimentação Geomorfológica

Inúmeras nascentes que dão origem ao rio Corumbataí e à parte de seus afluentes, como o Passa-Cinco e seu tributário, o Ribeirão da Cabeça, estão situadas no topo das *cuestas*, em altitudes entre 800 e 1000 metros, em áreas denominadas de Morro Grande, Serra do Cuscuzeiro, Serra de Santana e Serra de Itaqueri, que circundam pelos quadrantes norte e oeste o eixo da bacia (figura 1). A Serra de Santana e os morros testemunhos situados nas suas adjacências, dispostos entre 800 e 850 metros, foram rebaixados pelo tectonismo e constituem um trecho da *cuesta* externa em São Paulo. Estas elevações formam um patamar intermediário entre a superfície cimeira e as encontradas no âmbito da depressão. Suas altitudes encontram correspondência com os topos dos divisores de água situados no nordeste da bacia do Corumbataí, entre a Serra do Cuscuzeiro e o Morro Grande, e com o Morro Azul, nas imediações de Limeira, no sudeste (figuras 1 e 2). O relevo de *cuestas* teve origem na circundesnudação periférica que se processou na Bacia Sedimentar do Paraná a partir do Cretáceo, após um grande período de aplainamento da topografia por processos morfogenéticos gerados em clima semi-árido. O advento de um clima úmido, associado à subsidência propiciada pelos pacotes sedimentares concentrados no centro da bacia e ao soerguimento das suas bordas, possibilitou a incisão dos talwegues e a gênese de uma rede de drenagem, que, na sua implantação, sofreu também a influência tectônica. As *cuestas* estão sustentadas pelos derrames basálticos, ocorridos provavelmente no Cretáceo inferior, que capearam as rochas areníticas da Formação Botucatu, dotadas de grânulos bem selecionados, amarelados e avermelhados, com marcantes estratificações cruzadas ligadas aos ambientes desérticos existentes no final do Jurássico e início do Cretáceo. As altitudes cimeiras do relevo de *cuestas* estão niveladas aos topos dos divisores predominantes do Planalto Atlântico no estado paulista, que restam como vestígios da Superfície de Cristas Médias. As oscilações climáticas que se seguiram e os respectivos sistemas morfogenéticos implantados colocaram em evidência as diferenças litológicas e esculpíram a depressão disposta junto à borda da bacia. Com o surgimento da escarpa, a cornija, parte superior extremamente íngreme, passou a ser sustentada pelos basaltos, enquanto o tálus, caracterizado por uma vertente progressivamente mais suave, que dá ao relevo *cuestiforme* uma feição côncava, foi gerado a partir do contato com os arenitos subjacentes mais frágeis. Abaixo das *cuestas* há vestígios de duas superfícies neogênicas designadas, localmente, por Penteado (1968) de Superfície de Urucaia e Superfície de Rio Claro. A Superfície de Urucaia corresponde a mais antiga das superfícies interplanálticas, elaborada em clima seco, provavelmente no transcorrer do Plioceno. Seus vestígios aparecem dispostos entre 700 e 750 metros, esculpídos nos arenitos Botucatu e Pirambóia, nos interflúvios adjacentes ao relevo de *cuestas*, como, por exemplo, na área junto ao Morro Grande,

onde estão situadas as cabeceiras do Ribeirão Claro, principal afluente do Corumbataí pela margem esquerda, e em rochas magmáticas básicas intrusivas (diabásios) localizadas, principalmente, nos limites da porção leste da bacia, que separam as águas do Corumbataí das que vertem em direção ao Piracicaba e ao Mogi-Guaçu, nas imediações de Rio Claro, Santa Gertrudes e Limeira (figuras 1 e 2).

Figura 1 - Mapa Hipsométrico e Perfis Topográficos da Bacia do Rio Corumbataí

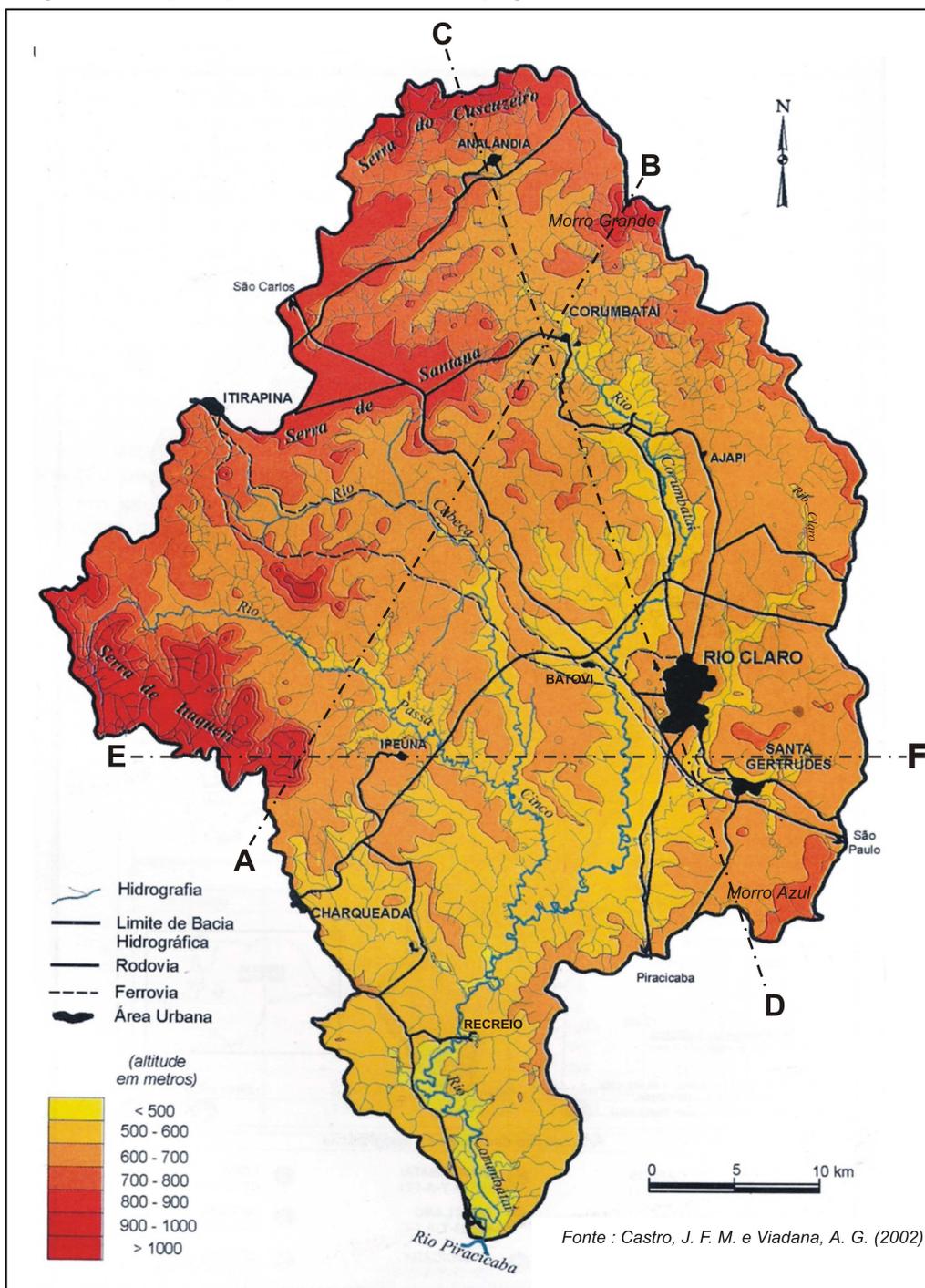
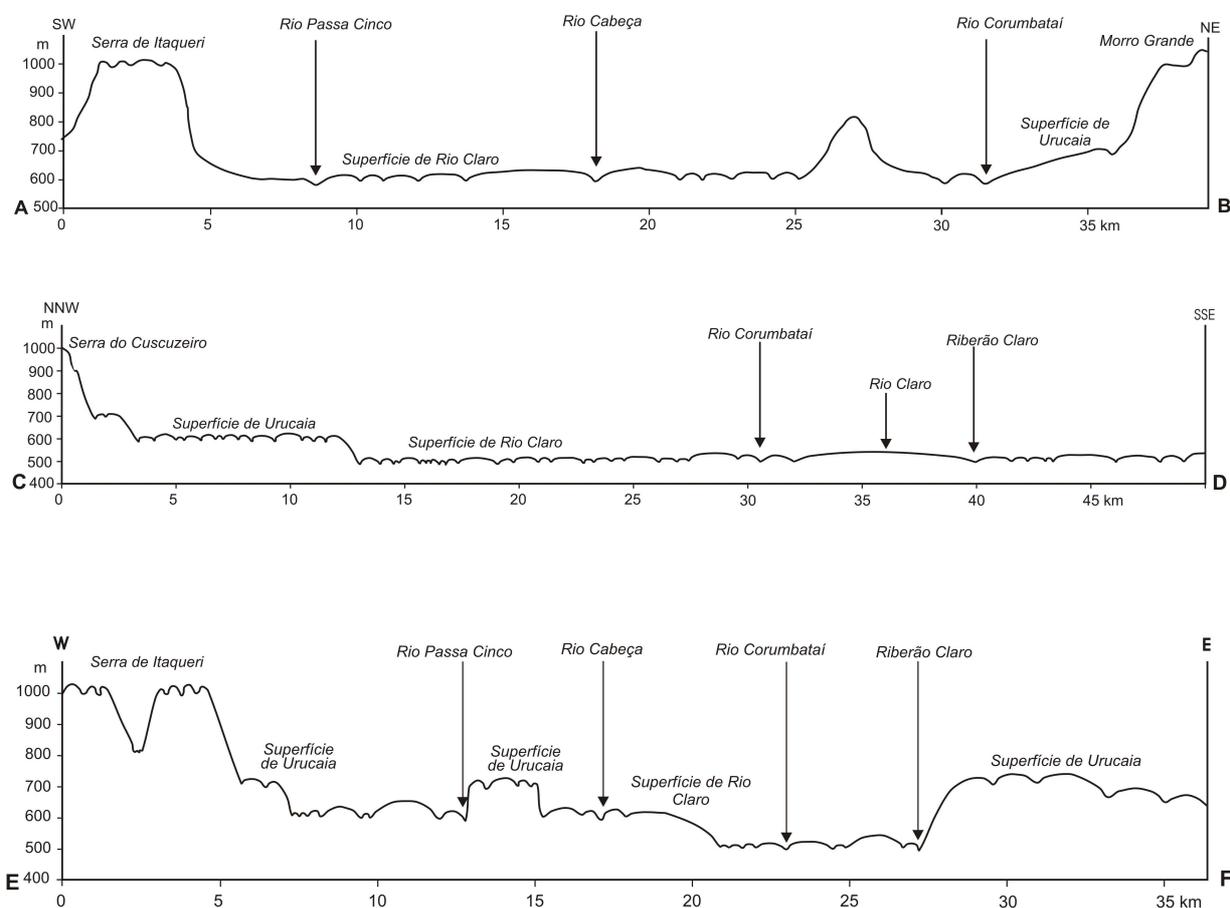


Figura 2 - Perfis Topográficos Através da Bacia do Rio Corumbataí



Fonte: IBGE, Cartas Topográficas - 1: 50 000
Organizado: Antônio Carlos Tavares

Findo o primeiro período de pediplanação neogênica, sob influência de um clima úmido, ocorreu a incisão dos talwegues até perto de 50 metros. Com o advento da primeira fase glacial quaternária, instalou-se um clima semi-árido e os processos morfogenéticos predominantes ocasionaram o recuo do pediplano pliocênico até proximidades da escarpa ou o levaram a assumir formas residuais. Segundo Penteadó (1968) o reativamento tectônico permitiu que materiais detríticos oriundos de montante ficassem represados junto à estrutura dômica de Pitanga, onde, logo depois da confluência com o Ribeirão Claro, o Corumbataí recebe o Passa-Cinco. Ali, em ambas as margens, interflúvios correspondentes à Superfície de Urucaia, articulados à Serra de Itaqueri e ao Morro Grande, produzem um estreitamento da bacia. Estas condições, no passado, contribuíram para a gênese da bacia sedimentar de Rio Claro e da Formação Rio Claro e, no presente, constituem uma barreira ao escoamento. No clima semi-árido, com chuvas torrenciais e irregulares, solos pedregosos e expostos, houve predomínio do escoamento em lençol com fraca capacidade de seleção do material transportado. Este processo, caracterizado como lâmina de água com 20 ou 25 cm de espessura e vários km de largura, a montante, era dotado de grande velocidade pela inclinação do terreno e carregava detritos diversos. Após pequeno percurso a competência da corrente diminuía, depositando

os detritos maiores numa espécie de pavimento, enquanto os menores eram levados pelos filetes anastomosados do escoamento difuso e depositados em ambientes de baixadas. Os depósitos rudáceos tiveram sua origem em antigas cascalheiras de quartzo e canga e os finos nos solos da fase úmida anterior. A Formação Rio Claro, com predomínio de areias e arenitos mal consolidados, frutos de deposição em ambientes fluviais e “playas”, está assentada discordantemente sobre sedimentos paleozóicos e mesozóicos e é freqüentemente limitada na base por detritos grosseiros de quartzo, sílex, arenitos silicificados e rochas magmáticas básicas. Os pedimentos desta fase, mais próximos ao relevo de cuestras, cortam os arenitos Botucatu e Pirambóia, mas estendem-se para o centro da bacia na forma de pedimentos detríticos, como são os casos dos interflúvios que separam o Ribeirão Claro do Corumbataí, onde está a cidade de Rio Claro, o Corumbataí do rio Cabeça e o Cabeça do Passa-Cinco, em altitudes entre 600 e 650 metros (figuras 1 e 2). Abaixo destas superfícies neogênicas estão os terraços elaborados nas oscilações climáticas que ocorreram entre o Pleistoceno e o Holoceno.

O aprofundamento dos vales, em épocas sucessivas, levou ao afloramento de estratos permocarboníferos representados pelas Formações Corumbataí e Irati e pelo Grupo Tubarão. A Formação Corumbataí surge ao longo do vale do rio Corumbataí e de seus afluentes até uma altitude de, aproximadamente, 570 metros. Ela é composta, predominantemente, por argilas e siltitos entremeados de sílex e arenitos e sua base está assentada sobre a Formação Irati, composta por argilas e siltitos bastante resistentes dispostos sobre calcários intercalados com folhelhos.

Nos vales do Corumbataí e do Passa-Cinco, junto à confluência de ambos, afloram rochas do Grupo Tubarão (arenitos, siltitos, calcários, sílex). Tal ocorrência, que forma patamares dispostos no nível da Superfície de Rio Claro, sugere a ocorrência de um domo com levantamento do assoalho e posterior superimposição dos dois rios.

A ocupação da bacia, intensificada com a expansão da cultura cafeeira pelo interior paulista e com a implantação da ferrovia, na segunda metade do século XIX, acentuou a devastação da vegetação natural, que era formada, predominantemente, pela mata latifoliada tropical e por trechos de cerrados. Com a retirada da cobertura vegetal primitiva, aumentou o escoamento pluvial, os solos ficaram mais susceptíveis aos processos erosivos e o assoreamento cresceu ao longo dos cursos fluviais, de tal forma que a areia, extraída ao longo de diversos trechos do Corumbataí, é considerada um dos recursos naturais disponíveis. De acordo com Silva (1999) a mata ainda aparece em áreas descontínuas, ocupando perto de 5% da bacia, principalmente junto à escarpa da *cuesta* e ao longo dos cursos de água, na forma de mata ciliar. Nas vertentes íngremes, onde o acesso e a ocupação agrícola são dificultados, há trechos de mata densa, com ocorrência de árvores variadas e de grande porte. Nos rios, para jusante, as formações ciliares tomam a forma de uma vegetação arbóreo-arbustiva e mesmo arbustiva, com a presença de inúmeros componentes alóctones, como resultado da devastação. Nas várzeas da maior parte da bacia predominam gramíneas intercaladas por arbustos. Nichos de matas sobrevivem em propriedades privadas, com destaque para a área encontrada na Fazenda São José, município de Rio Claro. O cerrado é encontrado em cerca de 2% da área da bacia, principalmente nos terrenos arenosos da Formação Itaqueri, que cobrem os cimos da *cuesta*, entre Itirapina, Analândia e Corumbataí. As pastagens e a cultura canavieira ocupam perto de 80% da bacia do Corumbataí. Nelas há graves problemas associados à erosão, provenientes do pisoteio do gado ou do manejo efetuado com maquinário agrícola pesado, que tornam o solo compactado e pobre em matéria orgânica, incentivando o escoamento e o esfacelamento dos agregados. As áreas urbanas, principalmente a de Rio Claro, com a impermeabilização superficial decorrente das edificações e pavimentação das ruas, ocupam, aproximadamente, 3,5% da bacia. As extrações de argilas, na Formação Corumbataí, destinadas às indústrias cerâmicas situadas

principalmente em Santa Gertrudes e Rio Claro, de diabásio, para brita, e de calcário, para corretivos do solo, têm contribuído também para a alteração do balanço hidrológico.

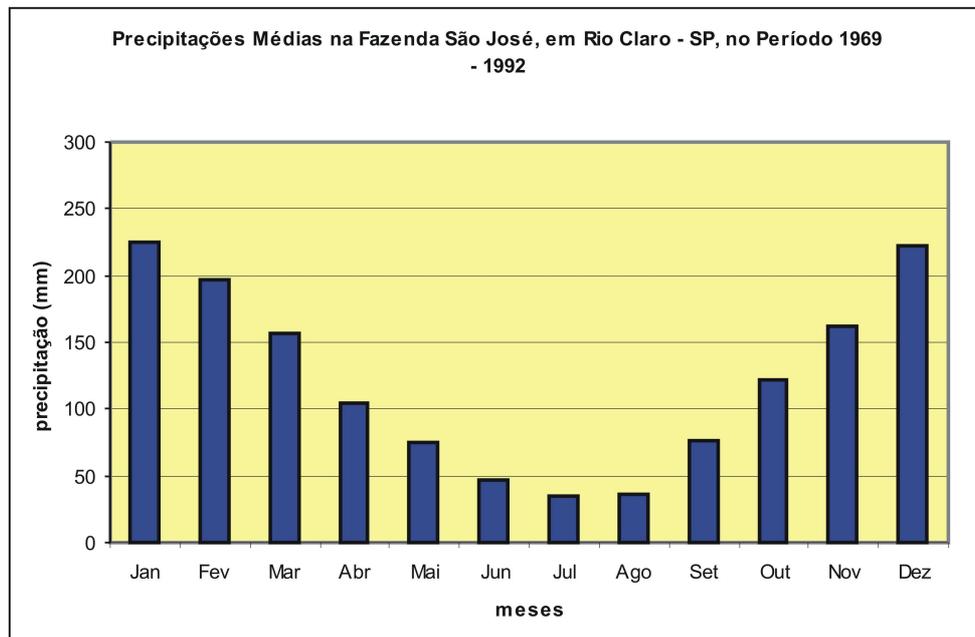
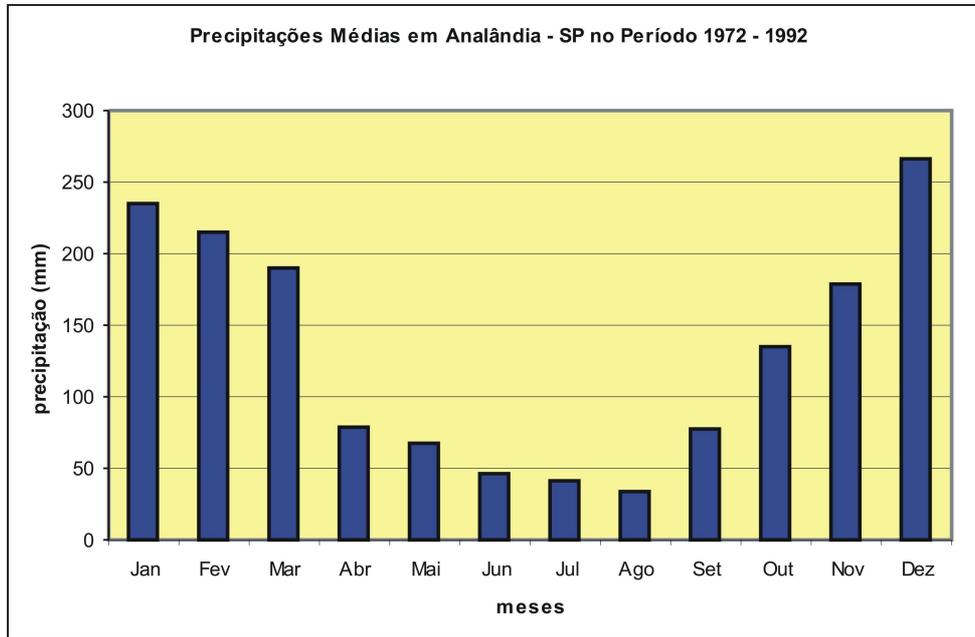
Clima e Escoamento Superficial

A bacia do Corumbataí está inserida numa área de clima tropical, onde o semestre mais chuvoso, que se estende de outubro a março, é também o mais quente. De abril a setembro há um declínio das temperaturas e das precipitações. Segundo Brino (1973), em janeiro as temperaturas oscilam entre 20° C e 23,7° C, enquanto em julho variam de 14,9° C a 17,1° C. As menores temperaturas médias ocorrem nas áreas mais altas das *cuestras*, mas, no inverno, em muitas ocasiões, temperaturas mínimas absolutas extremas são registradas na depressão, fruto de movimentos catabáticos desencadeados ao longo das escarpas.

Observações de Zavatini e Cano (1993) revelaram que os maiores valores de precipitação estão concentrados no noroeste da bacia, junto às *cuestras*, e que os menores são encontrados nas imediações da cidade de Piracicaba. As precipitações abundantes de primavera e verão são geradas, freqüentemente, por sistemas frontogenéticos estacionários ou semi-estacionários, em que a massa equatorial continental, quente e úmida, oriunda da Amazônia, em incursões pelo interior do continente, opõe-se aos avanços dos sistemas anticiclônicos extratropicais, aquecidos basalmente e instáveis, para menores latitudes. No inverno, com o resfriamento continental e a massa amazônica deslocada para o hemisfério norte, o sistema anticiclônico do Atlântico Sul, estável, adquire maior importância na geração das atividades frontogenéticas. Com massas de ar mais estáveis, menores temperaturas e menor teor de vapor, as precipitações decaem acentuadamente.

Os gráficos pluviométricos de Analândia, do período 1972/1992, no alto curso do Corumbataí, e da Fazenda São José, do período 1969/1992 (figura 3), situada nas imediações de Rio Claro, mostram um ligeiro declínio das precipitações de montante para jusante, tal como constatado por Zavatini e Cano (op. cit.). As precipitações médias anuais dos anos estudados alcançaram 1562 mm junto à *cuestra* e 1456 mm na Fazenda São José, situada na Depressão Periférica. A distribuição das chuvas nos dois postos possui a mesma tendência, com os meses de dezembro e janeiro sendo os mais chuvosos e julho e agosto os de menor pluviosidade. Em Analândia, as precipitações de dezembro, mês mais chuvoso, superaram em quase oito vezes as ocorridas em agosto, mês mais seco. Na Fazenda São José essa relação, estabelecida entre janeiro e agosto, foi de seis vezes e meia. Tais resultados mostram que a influência orográfica se manifesta principalmente quando os sistemas atmosféricos têm tendência à instabilidade.

Figura 3 - Precipitações Médias Mensais na Bacia do Corumbataí



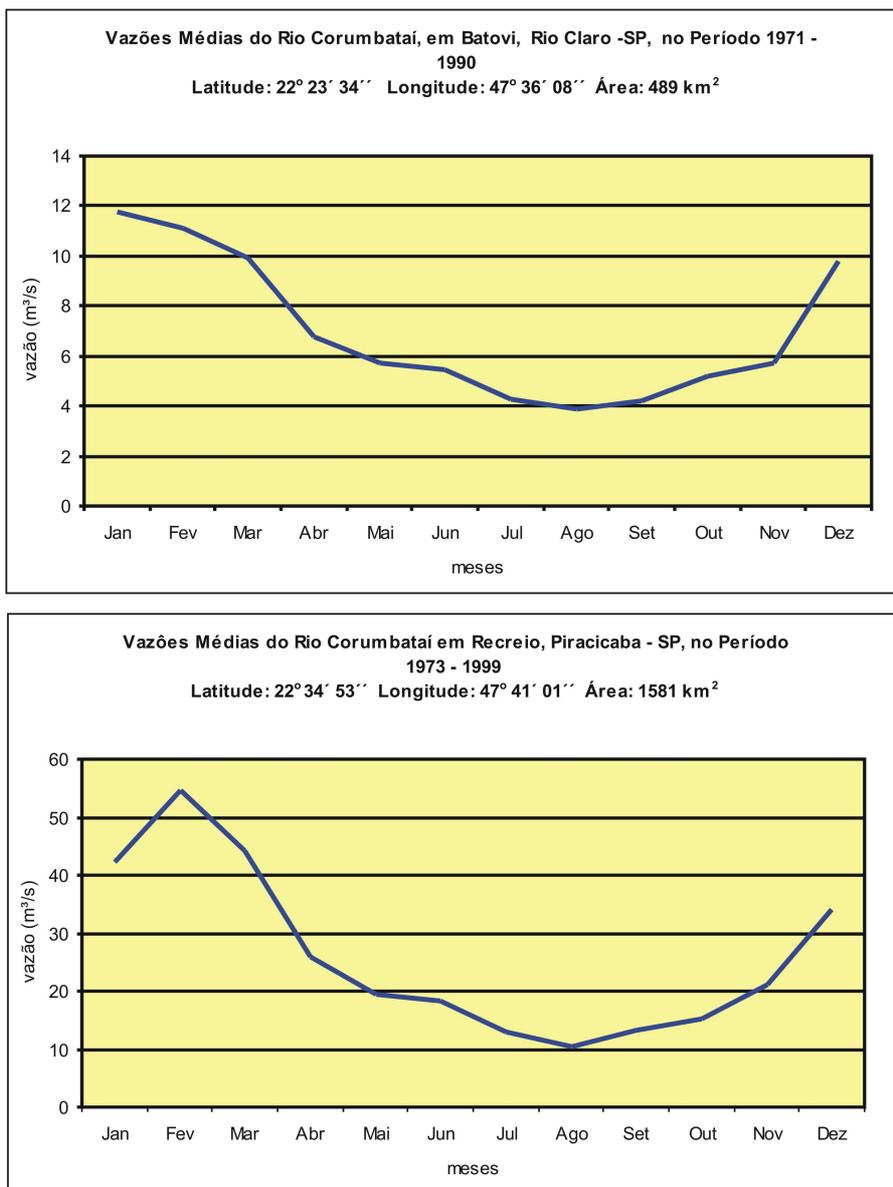
Fonte: DAEE

Org.: Tavares, A. C.

As vazões médias do Corumbataí em Batovi (figura 4), distrito de Rio Claro, no médio curso, num lugar em que a bacia conta com 489 km², no período 1971/1990, deixam evidente que o rio possui um regime tropical. Janeiro é o mês de débitos mais elevados, pois no local as maiores vazões ocorrem logo após as precipitações mais volumosas registradas em dezembro e janeiro, já que não são

grandes as distâncias das cabeceiras dos formadores da bacia localizadas junto ao relevo de *cueta*, em sítios de fortes declividades e, portanto, com rápido escoamento superficial. Entre março e abril as vazões declinam rapidamente, para, em seguida, até agosto, apresentarem queda suave. Elevam-se os débitos a partir de outubro, quando se inicia a temporada de chuvas, mas o aumento passa a ser abrupto a partir de novembro, numa rápida resposta à pluviosidade.

Figura 4 - Débitos Médios Mensais do Rio Corumbataí



Fonte: DAEE

Org.: Tavares, A. C.

Em Recreio, distrito de Piracicaba, não tão longe da foz, onde a bacia possui 1581 km², o regime é similar ao visto em Batovi, todavia, fevereiro foi o mês que apresentou maiores vazões no período 1973/1999 (figura 4). A resposta mais lenta em relação às maiores precipitações decorre da maior área da bacia e da existência de trechos com menores declividades. De fevereiro até abril os débitos caem abruptamente e depois, até agosto, de forma lenta. O aumento das vazões, a partir de setembro, também, no princípio, é vagaroso, mas cresce rapidamente depois de novembro com as chuvas que acontecem no final e no começo do ano. A razão entre os débitos máximos e mínimos mensais em Recreio é maior que cinco, enquanto em Batovi a maior vazão supera em três vezes a inferior. A menor discrepância do débito para montante, onde estão trechos de maior declive, está relacionada à perenidade das nascentes, que, em muitos locais, ainda estão protegidas pela mata que encobre a escarpa da cuesta. Para jusante a retirada da mata e o uso agrícola dos solos mais planos têm diminuído a infiltração e, conseqüentemente, o abastecimento do rio pelo lençol freático nos períodos mais secos.

A Circulação Atmosférica e o Clima Regional

O ano de 1983, dentro do período estudado, foi o mais chuvoso tanto em Analândia quanto na Fazenda São José. No primeiro local, com 2396,2 mm, a pluviosidade excedeu em 834,2 mm a média encontrada. No outro, onde choveu 2226,9 mm no ano citado, a precipitação ultrapassou o valor médio em 770,9 mm.

O excedente pluviométrico foi fruto da ocorrência do fenômeno conhecido por El Niño, responsável por eventos climáticos extremos em várias partes do mundo. El Niño, atualmente, é a denominação atribuída aos grandes aquecimentos superficiais do Pacífico, que ocorrem junto às costas do Peru e do Equador e se estendem pelas latitudes equatoriais em direção ao norte da Austrália e Indonésia. Os aquecimentos anômalos alteram os fluxos de calor latente e sensível para a atmosfera, propiciando mudanças na circulação do ar, na distribuição das chuvas e nas temperaturas em várias regiões do mundo.

Em condições normais, no leste do Pacífico, os alísios causam ressurgência ao longo da costa da América do Sul, à medida que impulsionam as águas frias da corrente de Humboldt até o Equador. Este fluxo, que nas latitudes equatoriais flui de leste para oeste, submetido à intensa radiação solar, é paulatinamente aquecido, dando origem, entre 5° de latitude sul e 5° de latitude norte, à corrente Sul Equatorial, dotada de maior vigor em setembro-outubro e atenuada em março-abril.

No hemisfério norte os alísios emanados do anticiclone do Havaí, de forma similar ao que ocorre no sul, produzem ressurgências nas costas dos Estados Unidos e do México, gerando a corrente da Califórnia. Suas águas frias, impulsionadas em direção ao sul, são aquecidas à medida que se deslocam para latitudes mais baixas e originam, entre 10° e 20° de latitude norte, a corrente Norte Equatorial.

O movimento de águas quentes para o ocidente nas baixas latitudes do Oceano Pacífico é contrabalançado, em superfície, pela contra-corrente Equatorial, que, centralizada em torno de 7° N, flui em direção ao oriente, sem, todavia, conseguir compensar totalmente o fluxo oposto. Isso resulta num desnível da superfície marinha, que é cerca de 60 cm mais elevada no oeste do Pacífico Equatorial, onde há extensa área de águas aquecidas e o termocline atinge entre 100 e 200 metros de profundidade, enquanto não ultrapassa 40 ou 50 metros no leste. A disposição do termocline favorece a existência de uma corrente sub-superficial fria, que se desloca em direção à América do Sul, realimentando a ressurgência nas costas do Equador.

A ocorrência de atividades convectivas está intimamente associada à distribuição das temperaturas oceânicas, pois as águas aquecidas, além de esquentarem basalmente a atmosfera, possibilitam abundante evaporação. Assim o ar quente e úmido, que se localiza no oeste do Pacífico, sobre áreas com temperaturas superiores a 27° C, é muito instável e gera precipitações abundantes, enquanto no leste, onde há uma língua de águas mais frias trazidas pela corrente de Humboldt, a pluviosidade declina acentuadamente.

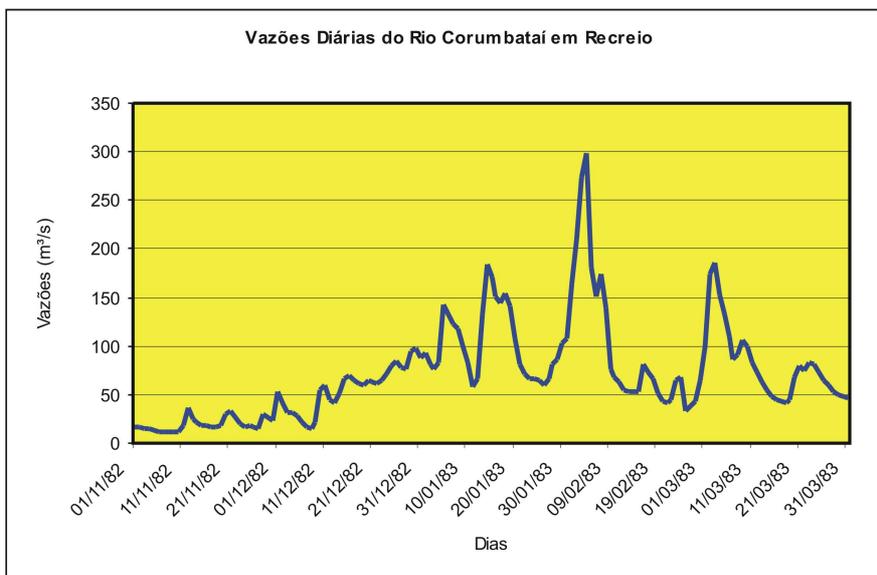
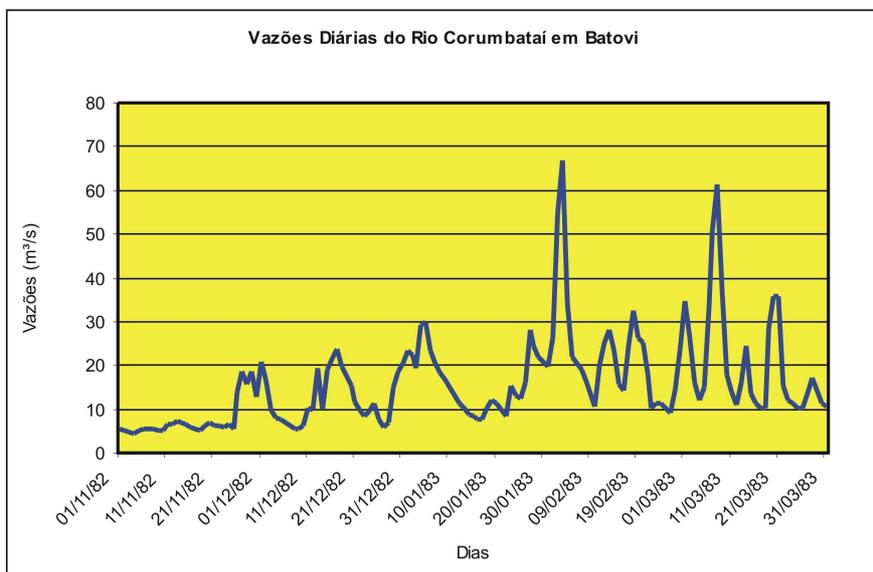
Quando a ressurgência na costa oeste da América do Sul é bloqueada face ao enfraquecimento dos alísios, atenuando a corrente de Humboldt, próximo ao Equador o fluxo de águas frias que se dirige para oeste e a corrente Sul Equatorial se arrefecem. Nestas condições as águas aquecidas, que se concentravam na Indonésia e tornavam o nível do oceano mais elevado naquela área, fluem para o leste, movidas pelos ventos de oeste e pela inclinação da superfície marinha. Assim, os movimentos convectivos se instalam no Pacífico Central e nas porções situadas a leste do meridiano de 180°, aumentando as precipitações nas áreas oceânicas junto à América do Sul e em países como o Equador e o Peru. O ar ascendente nesses lugares passa a afundar sobre a Indonésia, a Amazônia e o nordeste brasileiro, que sofrerão uma retração nas precipitações. Simultaneamente, no sul do país, as chuvas tendem a aumentar em razão do bloqueio efetuado aos sistemas frontais por correntes intertropicais mais úmidas e aquecidas, sobretudo pelas emanadas da Massa Equatorial Continental, situada na Amazônia.

Análises Episódicas

Entre novembro de 1982 e março de 1983 as precipitações coletadas nos postos pluviométricos de Analândia, Fazenda São José, Charqueada, Graúna, Recreio e Santa Gertrudes, situadas no interior da bacia do Corumbataí, excederam 1000 mm, segundo o DAEE. O menor valor, 1079,1 mm, ocorreu em Graúna e o maior, 1514,5 mm, em Santa Gertrudes. No período as chuvas foram abundantes e bem distribuídas tanto no tempo quanto no espaço. Nos meses de novembro e dezembro, em várias oportunidades, foram registradas precipitações diárias próximas ou superiores a 40 mm, que se refletiram no aumento gradativo do débito.

Os gráficos das vazões diárias do Corumbataí, nos postos de Batovi e Recreio, de 1º de novembro de 1982 a 31 de março de 1983 (figura 5), mostram discrepâncias decorrentes do posicionamento de ambos na bacia. Em Batovi, à montante, a curva fluviométrica apresenta irregularidades propiciadas por rápidos aumentos do débito em todo o período analisado, demonstrando que o escoamento superficial que se segue às precipitações alimenta rapidamente os cursos de água. Ao contrário, em Recreio, a vazão teve um aumento gradativo nos primeiros dois meses, durante os quais o débito passou de 10 e 16 m³/s no início de novembro, para 50 m³/s no começo de dezembro e 100 m³/s no final deste mês. No posto de Batovi ocorreram fortes acréscimos do débito entre 25 de novembro e 4 de dezembro, 10 e 23 de dezembro e 28 de dezembro e 17 de janeiro. De 22 de janeiro até 31 de março se sucederam oito picos de vazão, acompanhados, na maior parte das vezes, por precipitações em Analândia e na Fazenda São José. Em Recreio, o primeiro pico ocorreu entre 4 e 11 de janeiro e o segundo entre 11 e 26 de janeiro, num período em que as vazões em Batovi estavam em declínio, embora tivesse chovido no alto curso do Corumbataí. As duas maiores enchentes em Recreio aconteceram entre 26 de janeiro e 12 de fevereiro e entre 27 de fevereiro e 16 de março. Nestas ocasiões os débitos em Batovi também estiveram elevados, embora a curva fluviométrica apresentasse feições diferenciadas. Para melhor caracterização dos débitos serão analisados os acontecimentos ocorridos nas três maiores enchentes detectadas em Recreio, nos períodos de 11 a 26 de janeiro, de 26 de janeiro a 12 de fevereiro e entre 27 de fevereiro e 16 de março.

Figura 5 - Débitos Diários do Rio Corumbataí no Período de 1/11/1982 a 31/3/1983



Fonte: DAEE

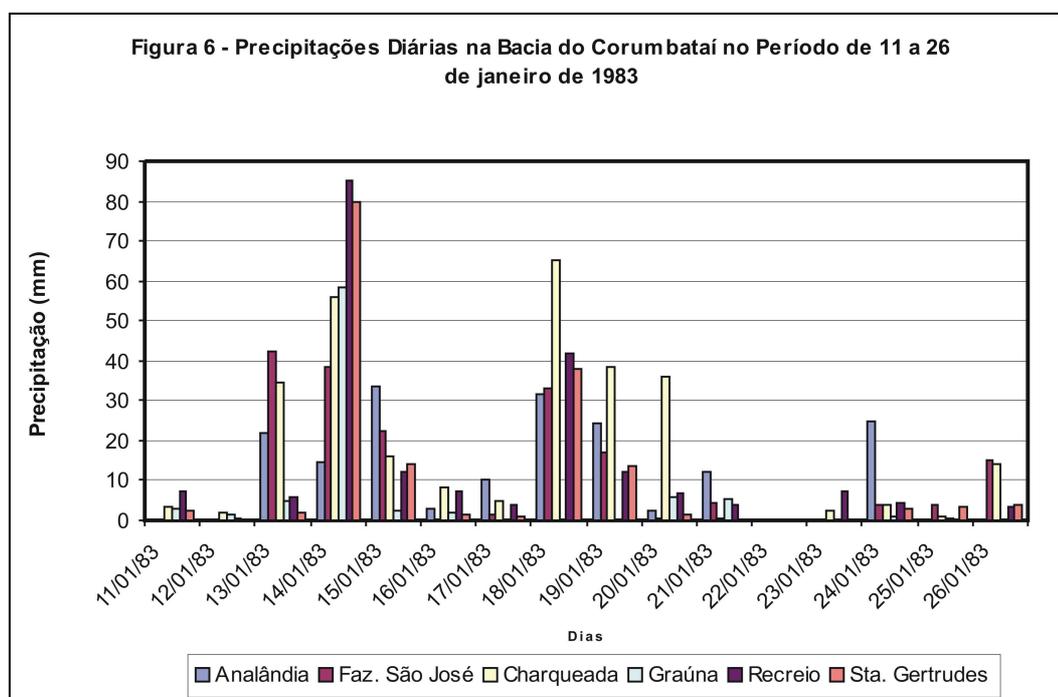
Org.: Tavares, A. C.

Período de 11 a 26 de janeiro de 1983.

No dia 11 de janeiro a Frente Polar Atlântica (FPA) estava em frontogênese nas imediações do Rio da Prata, enquanto a Frente Polar Reflexa (FPR) entrava em frontólise junto ao estado do Espírito Santo. À medida que a Massa Equatorial Continental (EC) rumava em direção ao sul e a Depressão do Chaco se acentuava pelo interior do país, sobre São Paulo atuava um Anticiclone Polar

Tropicalizado (PV). Em Recreio, o rio Corumbataí registrava uma vazão em torno de 60 m³/s, fruto das precipitações abundantes registradas desde o final do ano anterior.

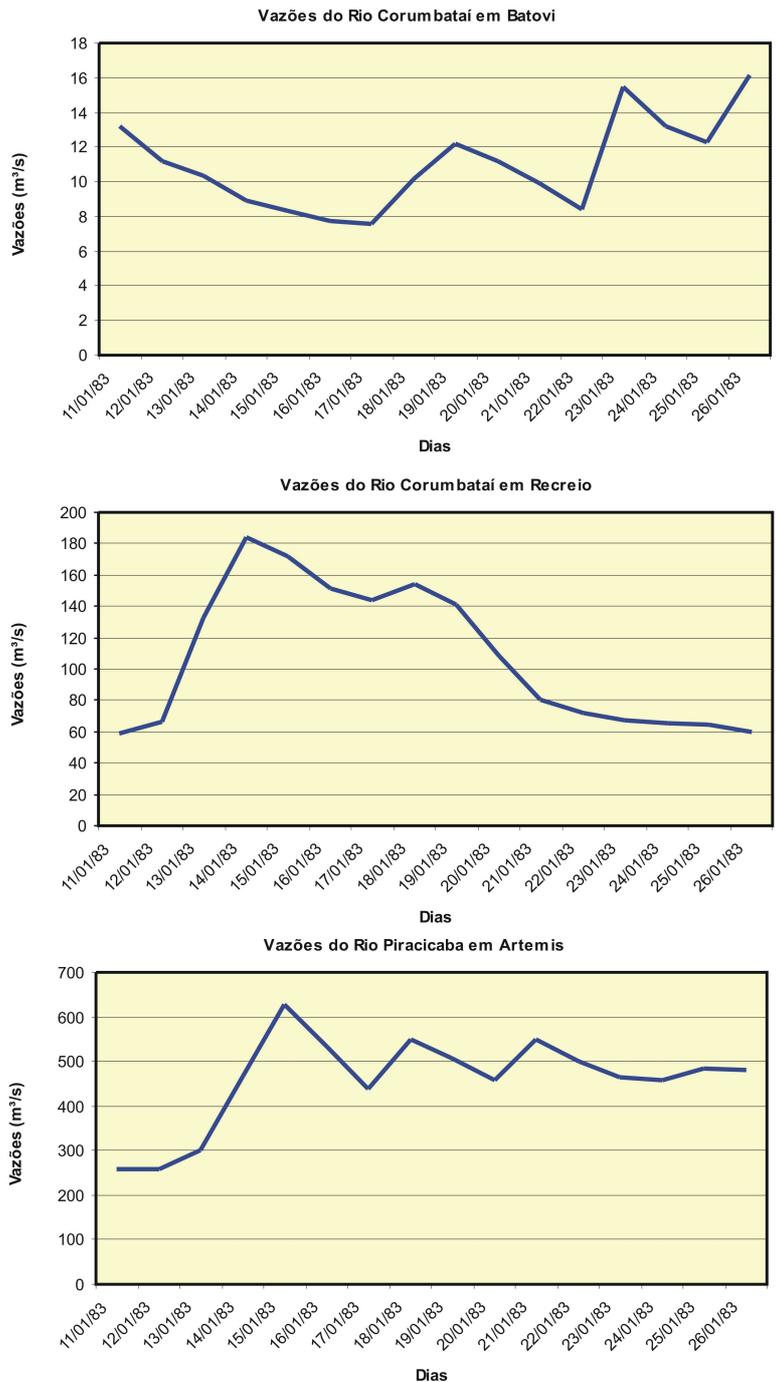
O aprofundamento da Depressão do Chaco e o deslocamento da EC para as latitudes tropicais recrudesceram a FPR, que, pelo interior, como frente quente, agia nos estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Diante dessa situação, reinante no dia 13, começou um período de precipitações abundantes na bacia do Corumbataí. As chuvas aumentaram no dia 14 com um extravasamento de ar frio do Pacífico para o Atlântico, que, ao reforçar a frontogênese, deu à FPA uma orientação norte-sul, desde a Argentina até São Paulo, onde, pelo interior, juntou-se ao setor quente da FPR, gerando uma oclusão. Choveu em todos os postos, principalmente no dia 13, quando, em Recreio e Santa Gertrudes, foram registrados valores entre 80 e 90 mm, e, entre 50 e 60 mm em Charqueada e Graúna. Apenas em Analândia a precipitação ficou aquém de 20 mm (figura 6).



Com precipitações generalizadas, a vazão do Corumbataí, em Recreio, passou de 60m³/s no dia 12 para 180 m³/s no dia 14, caracterizando uma resposta extremamente rápida do escoamento às chuvas ocorridas. Simultaneamente, em Artemis, no rio Piracicaba, logo à jusante da foz do Corumbataí, o débito, que no dia 12 era de 250 m³/s, atingiu 628 m³/s no dia 15. Esse aumento da descarga do rio Piracicaba afogou a foz do Corumbataí e dificultou o deságüe de suas águas, contribuindo para a elevação da vazão no posto de Recreio. Em Batovi o débito alcançou 30 m³/s no dia 5 de janeiro, mas em seguida declinou e atingiu 8 m³/s no dia 15. Portanto, na oportunidade, as chuvas no alto curso do Corumbataí pouco contribuíram para a ocorrência da enchente em Recreio, ficando esse papel para o Ribeirão Claro e para o rio Passa-Cinco e seus tributários. No dia 15, mesmo com a continuidade do tempo chuvoso, o débito declinou ligeiramente. Isso aconteceu

também nos dois dias seguintes, à medida que a FPR se deslocou para o litoral baiano e houve, localmente, uma melhora do tempo (figura 7).

Figura 7 - Vazões dos Rios Piracicaba e Corumbataí no Período de 1 a 26 de Janeiro de 1983



Fonte: DAEE

Org.: Tavares, A. C.

Todavia, o eixo frontal que afetava o sul do país assumiu uma orientação sudeste-noroeste e passou a atuar sobre os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Goiás e Mato Grosso do Sul. A frontogênese se intensificou pelo interior diante da ampliação da Baixa do Chaco e de outra investida da EC para o sul. Essa situação perdurou até o dia 20 de janeiro e ocorreram, novamente, chuvas abundantes e generalizadas sobre a bacia, com destaque para o dia 18, quando, em Charqueada, a pluviosidade superou 60 mm. Em Artemis o débito do Piracicaba diminuiu e chegou a 438 m³/s no dia 17, mas voltou a crescer no dia 18, quando atingiu 550 m³/s. Com o aumento do volume escoado pelo Piracicaba e as chuvas ocorridas na bacia do Corumbataí, rompendo a tendência de queda registrada nos dias anteriores, a vazão, no dia 18, em Recreio teve ligeira ascensão. No dia 19 ela voltou a cair vagarosamente, mas, nos dias 20 e 21, com as chuvas diminuindo na bacia, declinaram acentuadamente os débitos, mesmo com a vazão do Piracicaba se mantendo quase constante. A partir desta data e até o dia 26, o nível do rio foi influenciado, sobretudo, pelo lençol freático, pois, com o deslocamento do sistema frontal, sob a forma de FPR, para o litoral da Bahia, as chuvas foram reduzidas (figuras 6 e 7).

Período de 26 de janeiro a 12 de fevereiro de 1983

Nos dias 27, 28, 29 e 30 de janeiro de 1983 um sistema frontal se deslocou, lentamente, pelo sul do Brasil, do Rio Grande do Sul ao Paraná, oeste de São Paulo e Mato Grosso do Sul, sendo precedido por linhas de instabilidade tropical inseridas nos ventos do quadrante norte oriundos de um sistema anticiclônico polar tropicalizado situado sobre o Atlântico. A Frente Polar Reflexa atuava no nordeste do país, na zona litorânea, mas como decorrência do deslocamento da EC para o sul, ela ganhou uma orientação SW-NE, alcançando, como frente quente, pelo interior, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

No dia 31 a Frente Polar Atlântica chegou ao estado de São Paulo, intensificando as precipitações. Num primeiro instante seu deslocamento foi rápido, mas, bloqueada pelo anticiclone situado no oceano, ela recuou, no dia seguinte, para a região central do território paulista, como frente quente, possibilitando o recrudescimento das chuvas, que perduraram pelos dois dias subseqüentes. Na bacia do Corumbataí as precipitações foram abundantes, sobretudo, nos dias 1 e 2 de fevereiro, quando, em Santa Gertrudes, chegou a chover mais de 160 mm num período de 24 horas. Antes da atuação do sistema frontal, as vazões do Corumbataí, em Recreio, fruto do tempo instável pré-frontal, passaram de 60 m³/s, no dia 26, para mais de 100 m³/s no dia 31 de janeiro, primeiro dia da ação da FPA. Com a permanência da Frente Polar Atlântica e precipitações abundantes, a vazão do rio triplicou e alcançou 270 m³/s no dia 3 e 300 m³/s no dia 4 de janeiro. Em Artemis, no rio Piracicaba, no último dia de janeiro, a descarga era de 305 m³/s. Com as chuvas frontogenéticas ela alcançou 1126 m³/s no dia 4 de fevereiro, recorde no ano de 2003. Em Batovi o débito do Corumbataí passou de 20 m³/s no dia 31 para 55 m³/s no dia 2 e 67 m³/s no dia seguinte. Com vazões elevadas à montante e a foz afogada pela enchente do Piracicaba, o pico desta enchente do Corumbataí, em Recreio, foi alcançado 48 horas após o ápice das precipitações e 24 horas depois de Batovi, coincidindo com as descargas máximas verificadas em Artemis.

No dia 4 de fevereiro a Frente Polar Atlântica já alcançava o sul da Bahia, onde continuou a atuar como FPR, fruto da tropicalização do anticiclone frio que a impulsionava. Na bacia do Corumbataí houve uma melhora do tempo. Com domínio do ar polar tropicalizado e ausência de chuvas, a vazão em Artemis baixou para 602 m³/s no dia 7 de fevereiro e em Recreio para 150 m³/s na véspera. Em Batovi o escoamento foi mais rápido e no dia 5 o débito correspondia a um terço do verificado 48 horas antes. Todavia, a partir do dia 8, as pressões baixas no sul do continente permitiram avanços da EC e do Anticiclone Tropical Atlântico (TA) em direção ao sul, que acarretaram o deslocamento do

eixo frontal situado no sul da Bahia, na forma de frente quente, para o sudeste. Com isso as chuvas retornaram ao estado paulista e, na bacia do Corumbataí, os dados mais elevados foram registrados no dia 8 de fevereiro, quando, na Fazenda São José e em Santa Gertrudes, choveu entre 75 e 80 mm. As precipitações associadas à ação da FPR não elevaram o nível do Corumbataí em Batovi, onde, no dia 10 de fevereiro, foi registrada uma descarga de 10 m³/s, correspondente à sexta parte da verificada no pico da enchente uma semana antes. Em Recreio, no dia 7, a vazão subiu de 150 m³/s para 174 m³/s. Tal fato também se verificou, em seqüência, no posto de Artemis, onde os débitos passaram de 602 m³/s no dia 7 para 715 m³/s no dia 9 de fevereiro. Nesta data a vazão em Recreio chegava a 76 m³/s. A partir daí o declínio do nível do rio foi suave, denotando um papel maior do lençol freático na manutenção do débito, que, no dia 12 de fevereiro foi de 55 m³/s, isto é, 5,5 vezes menor do que o alcançado no pico da enchente. No final do período a FPR se deslocou de São Paulo para os estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e sul da Bahia. A ação da PV provocou apenas chuvisqueiros. (figuras 8 e 9).

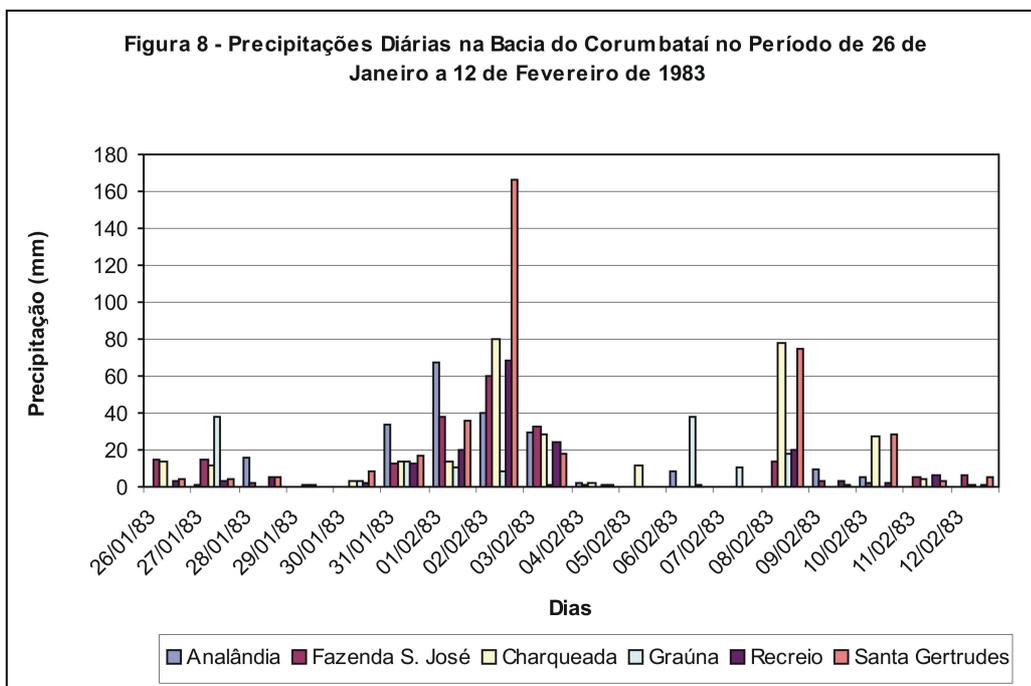
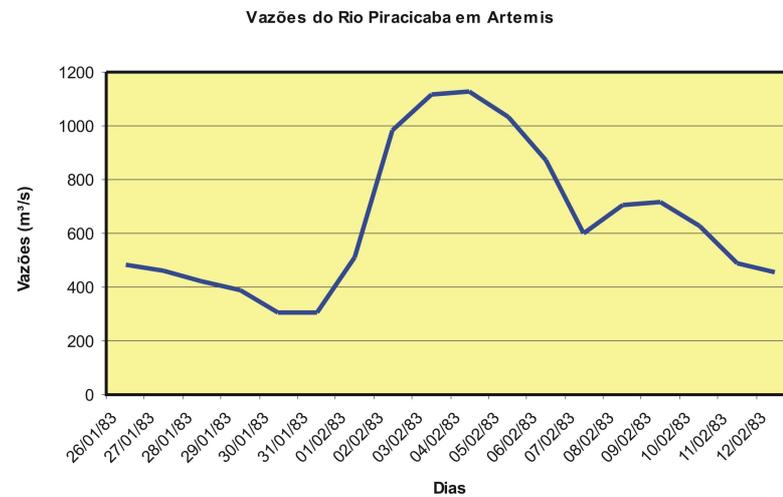
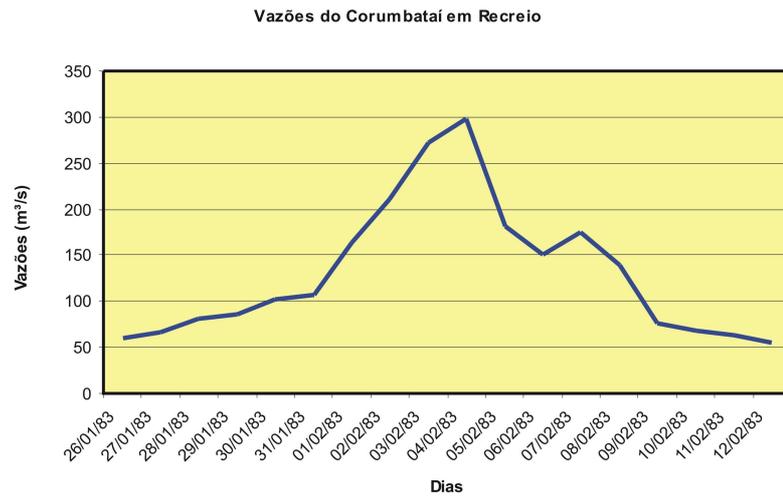
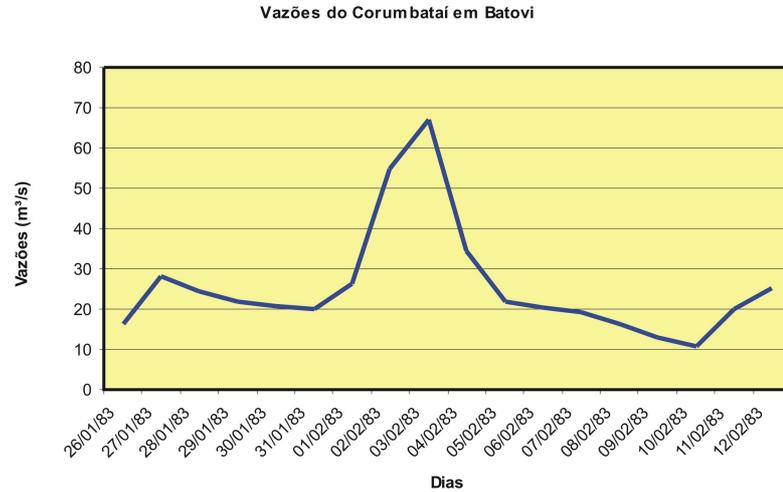


Figura 9 - Vazões dos Rios Piracicaba e Corumbataí no Período de 26 de janeiro a 12 de fevereiro de 1983



Fonte: DAEE

Org.: Tavares, A. C.

Período de 27 de fevereiro a 16 de março de 1983

Do dia 27 de fevereiro ao dia 3 de março de 1983, São Paulo permaneceu sob a influência de um sistema frontal, que provocou chuvas generalizadas por todo o estado. Nos postos da bacia do Corumbataí as precipitações foram maiores em 28 de fevereiro, 2 e 3 de março. No primeiro destes dias, em Analândia, a precipitação superou 60 mm e chegou a quase 40 mm na Fazenda São José. As vazões do Corumbataí, em Recreio, subiram de 40 m³/s para 186 m³/s entre 28 de fevereiro e 3 de março e, em Batovi, entre os dias 27 e 1^o, de 15m³/s para 35 m³/s. Em Artemis, o débito do Piracicaba cresceu de 358 m³/s para 653 m³/s entre 1^o e 3 de março. Portanto, enquanto no médio curso do Corumbataí e no Piracicaba os valores cresceram para pouco aquém ou além do dobro, em Recreio eles aumentaram cerca de quatro vezes e meia. Tal ascensão não condiz com os dados pluviométricos assinalados nos postos situados no interior da bacia e nem com os fluviométricos dos outros postos analisados. Assim sendo, sua explicação deve estar em temporais localizados, dos quais não se tem registro. O Jornal de Piracicaba, datado de 4 de março de 1983, por exemplo, trouxe uma reportagem com o título “foi a maior tromba d’água dos últimos 30 anos”, em referência a uma chuva de 60 mm ocorrida, em apenas uma hora, na véspera, conforme registro no posto meteorológico da ESALQ (figuras 10 e 11).

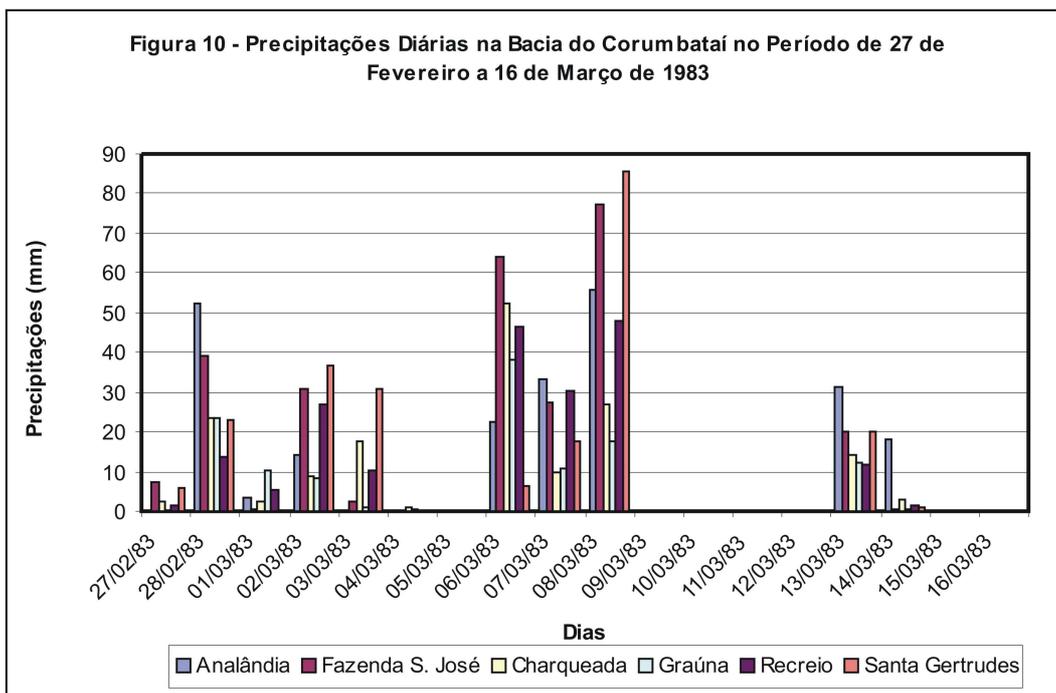
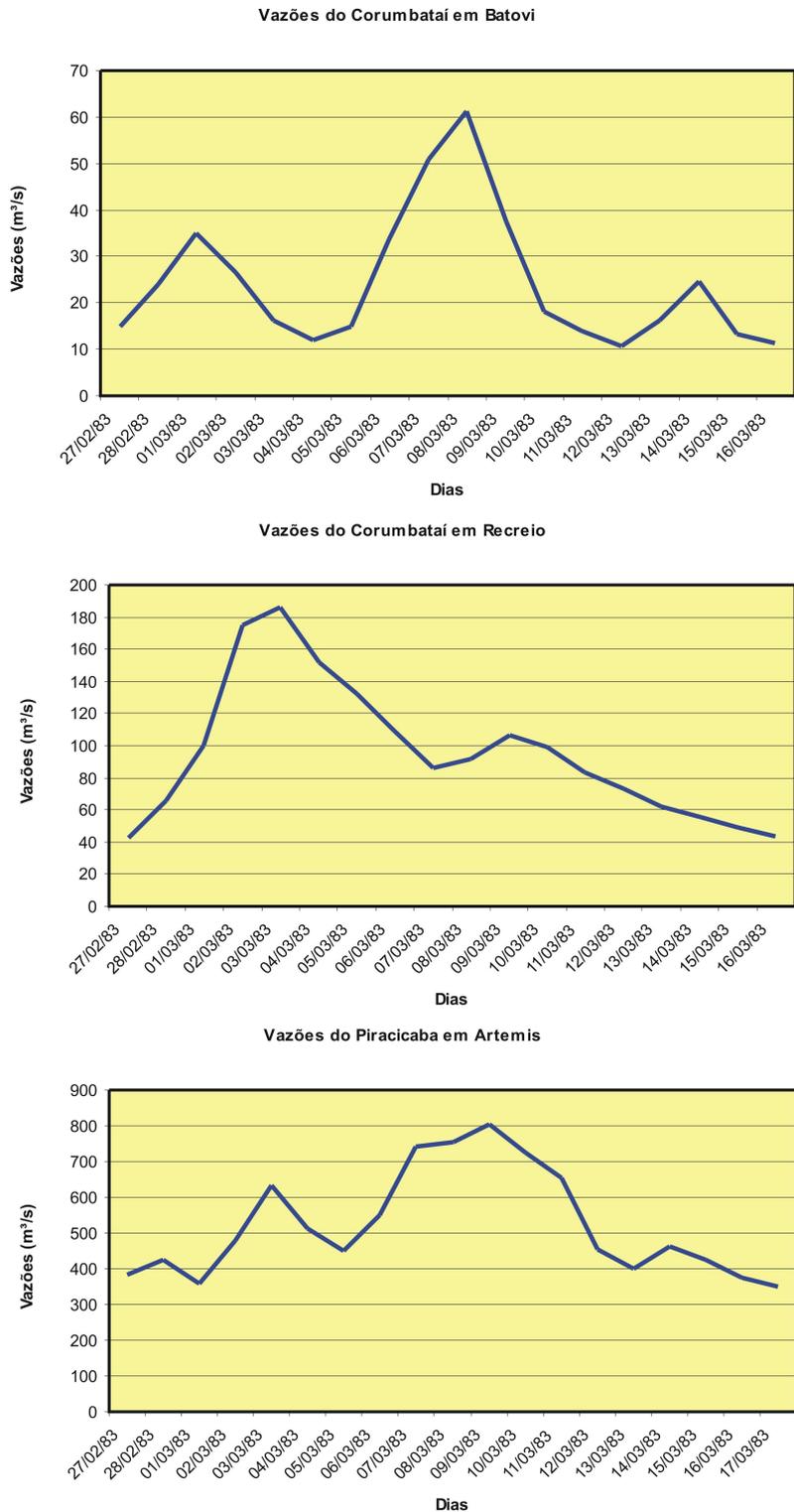


Figura 11 - Vazões dos Rios Piracicaba e Corumbataí no Período de 27 de Fevereiro a 16 de Março de 1983



Fonte: DAEE

Org.: Tavares, A. C.

No dia 4 o sistema frontal que agia em São Paulo se deslocou para o norte e entrou em frontólise. Em seguida, nova frente fria alcançou o território paulista, permanecendo estacionada sobre o estado até o dia 8 de março. Com as atividades frontogenéticas o tempo permaneceu chuvoso e houve registro de precipitações elevadas na bacia do Corumbataí. No dia 6 elas atingiram 63,9 mm na Fazenda São José, 52,3 mm em Charqueada e 46,4 mm em Recreio. No dia 8 foram registrados 85,4 mm em Santa Gertrudes, 77,4 mm na Fazenda São José, 55,7 mm em Analândia e 47,7 mm em Recreio. Em Batovi, com as chuvas, as vazões aumentaram de 15 m³/s no dia 5 para 61 m³/s no dia 8. Em Artemis o volume escoado passou de 449m³/s para 802 m³/s entre 5 e 9 de março, retratando a segunda maior enchente de 1983 no local. Em contrapartida, no posto de Recreio, mesmo com precipitações elevadas registradas na bacia e com a enchente do Piracicaba, o débito constatado no dia 3 declinou para 86 m³/s no dia 7 e se elevou, suavemente, para 106 m³/s no dia 9 de março. Esse comportamento anômalo reforça a idéia de que no primeiro episódio frontal do período em pauta houve a ocorrência de chuvas intensas em pontos da bacia, cujos totais, ocorridos em breves períodos, superaram os valores registrados nos postos pluviométricos disponíveis. (figuras 10 e 11).

Com o eixo frontal se dissipando no litoral do Rio de Janeiro, o Anticiclone Tropical Atlântico se deslocou em direção ao sul do país, passando a prevalecer tempo bom, que foi interrompido na passagem de nova frente por São Paulo nos dias 12 e 13 de março. As chuvas que ocorreram na oportunidade ficaram abaixo de 20 mm na maioria dos postos e provocaram a ascensão dos débitos do Corumbataí apenas em Batovi. No dia 14 a frente se deslocou para o Rio de Janeiro e o Espírito Santo e no dia 16 entrou em frontólise no litoral baiano. Durante estes dias, sem chuvas, as vazões do Corumbataí diminuíram progressivamente, em Recreio e Batovi, até alcançarem, respectivamente, os valores de 44 m³/s e 11 m³/s.

Conclusões

A circulação atmosférica, nos meses de verão, ao opor a Massa Equatorial Continental aos sistemas extratropicais, alimentando as atividades frontogenéticas nas imediações do Trópico de Capricórnio, sobretudo nas manifestações do *El Niño*, propicia chuvas abundantes e torrenciais, que desencadeiam forte escoamento superficial e rápido crescimento do débito dos rios. As precipitações com forte intensidade podem ocorrer em pequenas áreas e sequer serem detectadas pela rede pluviométrica existente, que, desse modo, se mostra inadequada para o estudo de eventos extremos, mas é possível que elas aconteçam de forma generalizada sobre uma bacia hidrográfica, intensificando as conseqüências nefastas.

Exemplo da primeira possibilidade pode ser visualizada com o crescimento da vazão do rio Corumbataí, na localidade de Recreio, nos dias 2 e 3 de março de 1983. Houve, naquela ocasião, chuvas nos postos pluviométricos localizados no interior da bacia, mas que não proporcionaram acentuado aumento dos débitos em Batovi e sequer em Artemis, no rio Piracicaba, logo depois do encontro dos dois cursos de água. Em seguida, à medida que as águas baixavam em Recreio, os níveis dos rios Corumbataí e Piracicaba subiam em Batovi e Artemis, retratando distribuições heterogêneas das precipitações ocorridas entre 6 e 8 de fevereiro de 1983 no âmbito da bacia do Corumbataí e em suas adjacências. Assim sendo, enquanto os segundos valores máximos de vazão do verão de 1983 ocorreram, respectivamente, nos dias 8 e 9 de fevereiro em Batovi e Artemis, em Recreio, localizado numa posição intermediária entre os dois lugares, o pico da enchente aconteceu no dia 3.

Por outro lado, as chuvas que aconteceram nos três primeiros dias de fevereiro de 1983 afetaram de forma generalizada a bacia do Corumbataí e, inclusive, a do Piracicaba. A vazão aumentou

rapidamente no posto de Batovi, alcançando o seu valor máximo no dia 3, logo em seguida ao dia de pluviosidade mais elevada. Na mesma data os débitos alcançaram valores bastante elevados em Artemis, onde a cota extrema ocorreu no dia seguinte, quando também se deu a maior vazão em Recreio. Neste local a subida das águas ocorreu mais lentamente, influenciada tanto pelo escoamento oriundo de montante quanto pelo afogamento da foz do Corumbataí pelo elevado nível do rio Piracicaba.

A ocorrência de chuvas fortes e generalizadas nas cabeceiras do Corumbataí e de seus afluentes, diante da compartimentação topográfica da bacia, que, com fortes declives, acelera o escoamento superficial, pode ser desastrosa para a área urbana de Rio Claro. Embora o rio Corumbataí e o Ribeirão Claro, seu afluente, passem pela periferia da cidade, eles constituem o nível de base de córregos que cortam a área central e cujas margens e superfícies se acham totalmente impermeabilizadas. As enchentes que se derem nos canais principais, ao afogarem os baixos cursos desses riachos urbanizados, impedirão a vazão das águas coletadas na cidade, que têm as vias de fundo de vale implantadas sobre os córregos e suas planícies de inundação como escoadouro.

Diante de um clima com tipos de tempo propícios à ocorrência de chuvas intensas, da topografia favorável ao escoamento superficial na porção montante da bacia do Corumbataí, da litologia, que, em grande parte, origina formações superficiais argilosas, e do uso atual do solo, a manutenção de condições adequadas ao processo de infiltração parece ser condição ideal para a prevenção de enchentes e de suas conseqüências desfavoráveis. Neste sentido a reconstituição da vegetação natural ao longo da escarpa das *cuestas* e das planícies de inundação e a implantação de bosques e jardins nas cidades, sobretudo ao longo das várzeas, devem merecer a atenção dos administradores e da sociedade organizada.

Referências

BRINO, W. C. **Contribuição à definição climática da bacia do Corumbataí e adjacências (SP), dando ênfase à caracterização dos tipos de tempo.** 1973. 119 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, Rio Claro: 1973.

CASTRO, J. F. M.; VIADANA, A. G. A relevância da cartografia nos estudos de bacias hidrográficas: o exemplo da bacia do Corumbataí. **Geografia**, Rio Claro: v. 27, n. 3, p. 157– 170, 2002. referência não citada

KOFFLER, N. Carta de declividade da bacia do Corumbataí para análise digital (SIG). **Geografia**, Rio Claro: v. 19, n. 2, p. 167-182, 1994.

PENTEADO, M. M. **Geomorfologia do setor centro-ocidental da depressão periférica paulista.** 1968. 86 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, Rio Claro: 1968.

SILVA, G. M. P. **Diagnóstico ambiental, qualidade de água e índice de depuração do Rio Corumbataí – SP.** 1999. 155 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) - Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro: 1999.

ZAVATINI, J. A.; CANO, H. Variações do ritmo pluvial na bacia do Corumbataí – SP. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro: v. 23, n. 45/46, p. 215-240, 1993.